

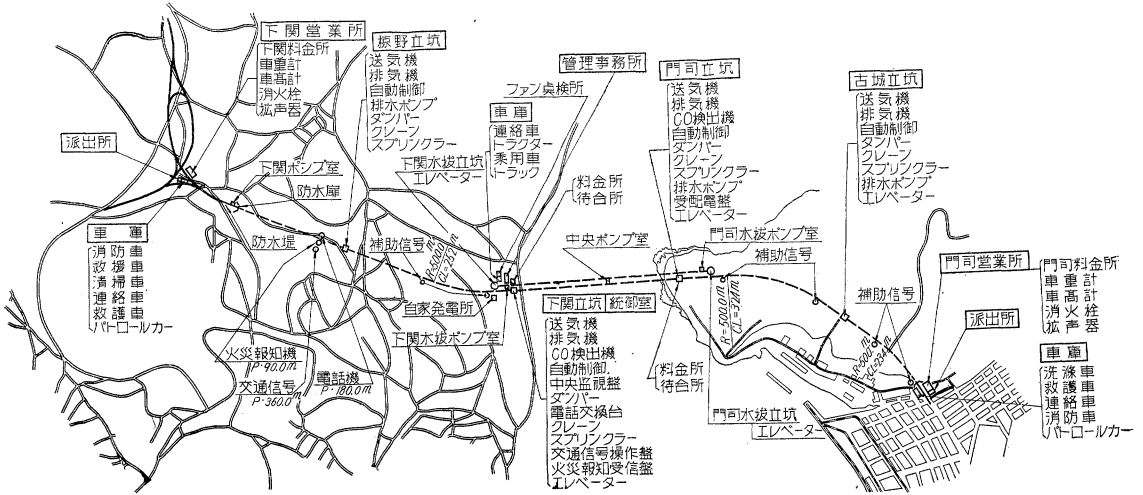
関門トンネル管理上の問題

中 尾 光 信*

関門道路トンネルは昭和 33 年 3 月開通してすでに 1 年半を経過した。交通量は想定におよばないが、逐次増

加をたどり、かつ三輪車以上の通過台数のうち貨車がその 60% 以上を占めるに至っている。

図-1 施設平面図



工事の計画設計には、十分な研究期間に恵まれ、入念に施工されているが、設計と実際については、やはり問題の点も生じてきている。

保安上、照明換気等の設備をし、事故の処理には消防車、レッカー等の緊急車

図-2 施設断面図

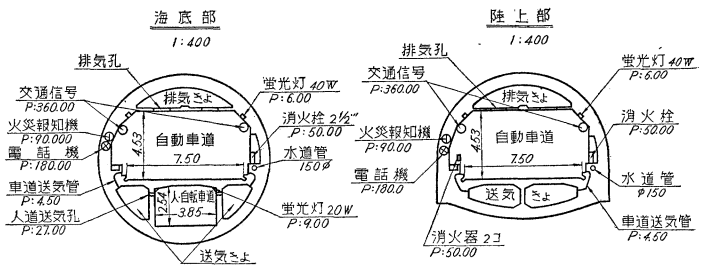
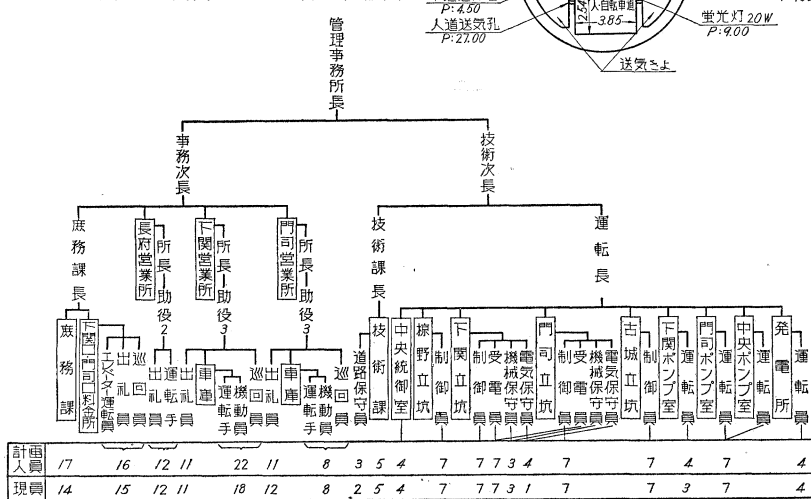


表-1 関門トンネル管理組織図



をトンネル両口に配置して交通の安全を計っている。ここには、維持管理の概況をのべ、管理上の二、三の点について記す。

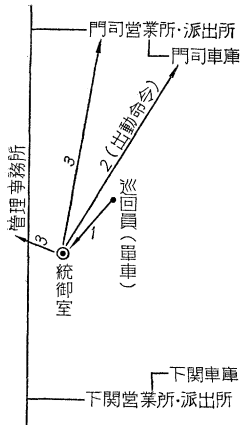
1. 管理の組織と運営

(1) 管理組織

管理事務所を下関市に置き、長府、下関、門司の 3 営業所 (図-1, 2) にて料金収受の業務を行い維持並びに保安の施設については、

* 正員 日本道路公団 関門トンネル管理事務所長

表-2 事故措置系統



同職種を相互融通職員しているが、運営に支障をきたしていない。

(2) 事故の措置 (表-2)

車庫には緊急車両の運転者、機動員、巡回員(單車)が詰めて勤務している。その管理は営業所にあるのだが、トンネル内に事故が発生した場合、時間的に敏速をはかるため、統御室運転長より直接車両に出動を命ずることにしている。

巡回員は当初トンネル両口の車庫を基地として出務していたが、巡回が重複したり、また員数を多く要するので、現在は下関車庫に主力を置いて、巡回は30分ごとに1回とし、1回の巡回時間は20分として、事故の発見とその措置、交通規則違反の監視、照明信号、トンネル内の見とおし状況監視等、交通安全のため重要な任務を遂行している。

トンネル内に交通事故を発見したときは、巡回員は、その箇所、程度、措置に対する意見を専用電話により運転長に通報し、運転長はその判断により、それぞれの車両の出動を命令し、同時に、その事件を営業所および管理事務所に連絡する。

巡回員は事故報告と同時に警察員に協力して交通整理に当る。現在事故措置については円滑敏速に行われている。

巡回員は当初單車を用いなくて監視員通路を歩行する考え方もあったが、比較実施していないのでその優劣はわからない。巡回員の事故発見率は表-3のとおりで効果あるものと思う。

表-3 事故の発見

(34.3.21~34.5.20)

事故数	53
巡回員発見通報	40
保守員発見	4
事故車	9

なおトンネル両口には警官派出所があり、一般警察業

下関立坑運転長の統轄下にあり、他の3カ所の立坑およびトンネル両口にある車庫が分担してその任務に当たっている。人道の交通は6時より22時までであるが車道交通は制限がないので営業所並びに統御室は昼夜交替で勤務している。人員は(表-1)計画当初は85~100名程度が考えられていたが、現在173名である。定数配置をすれば186名となる。車庫統御室において

務を執行しているが、特にトンネル内の交通取締りに重点がおかれている。交通違反や事故発生の場合、実地検証が行われるが、敏速に行われていて、今のところ交通障害となっていないが、交通量の増大にとまらぬ、安全交通のため検討しなければならないであろう。

2. 管理施設

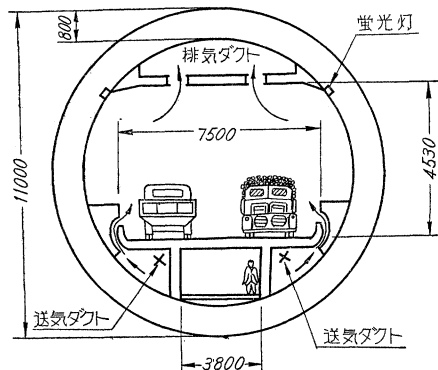
管理施設は構造の保全維持のための施設と、営業業務上の施設と、直接安全交通に連なる施設とに分けることができる。

ここに安全施設(図-1,2)をあげると照明設備、換気設備、中央統御、受配電、発電、交通信号、緊急車両、専用電話、火災報知器、消火器、防水ドア等であるが、特にそのうち問題となる照明設備と換気設備と、そのほか一、二について施設の概要と管理の現況をのべる。

(1) 照明(図-2,3)

二車線対向交通であるので自動車は消灯して走行できるように、トンネル内は人工照明をしている。路面の平均照度を20ルクスにするため、4.15mの高さ、左右対称に6m間隔に200V、40Wの蛍光灯を配置している。なおトンネル出入口付近は、屋間において照度の急変を緩和し、運転者の眩惑現象を少なくするため、坑門口30m区間増灯し、光電管式点滅器により自動点滅をしている。

図-3 換気断面図



照明については他の諸外国における水底トンネルの例(表-4)にくらべて下位である。自動車速度24~30km/h

表-4 道路トンネルの照明の例

トンネル名	緩和区間長	照 明
Detroit Windsor	500 ft	3 fc
Boston	300~350	3
Broadway Low Level	300	5
Lincoln	200	3
Queens Midtown	660	3
Pennsylvania Tpk	250	3
Brooklyn Battery	1800	3
Washburn	300	4
Baltimore Harbor	1500	—
関門トンネル	70	2

を目標として設備されたものであるが、現在において（現在 35 km/h）走行に支障があるとは思われない。ただ換気不十分であつて、煙が多く、水蒸気にはばまれて見とおしが悪い場合は運転障害をとまなうであろう。トンネル内の現状で経験している範囲内では速度は 50 km/h が限度であらうと思われる（高速道路調査会：自動車速度試験報告 参照）。

制限速度を 50 km/h 以上にする場合や、見とおしの悪いのを克服せんとするには 35 ルックス以上を考へて実験を行い決定すべきものと思う。

出入口の緩和区間長さ増灯（表-4）については、これも他の諸外国の例にくらべて当トンネルの緩和区間長は短い。その代り、増灯分を強化してはいるが昼間 50 000 ~ 100 000 ルックスの照度からトンネルに入った場合は、瞬間眩惑を感じるものがある。

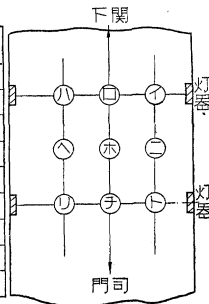
さらに速度を増大する場合は増灯分の強化と、緩和区間長の延長を考慮するか、また屋根区間を設けて、緩和する等の検討を要するものと思う。現在までに出入口の照明設備に基因して事故は起つていない。

なお灯器の寿命は公称 7 000 時間となつてゐるが、過去 1 カ年間に取替えた数量は 300 個であり、破損しなければ取替えていない。かかる状況下で車道面の照度を実測した例は表-5 のとおりである。

表-5 照度測定

(昭.34 年 5 月)

下関側の距離 (m)	測定位置								
	イ	ロ	ハ	ニ	ホ	ヘ	ト	チ	リ
200	26	22	26	22	19	20	26	22	28
740	28	24	29	21	20	22	24	23	28
1100	32	24	30	20	17	25	30	25	34
1640	32	28	36	17	23	27	32	28	35
2000	39	32	38	28	25	28	34	28	36
2360	42	32	42	31	28	32	36	30	37
2720	32	30	38	22	23	28	30	25	31
3260	42	32	38	24	24	26	21	24	26

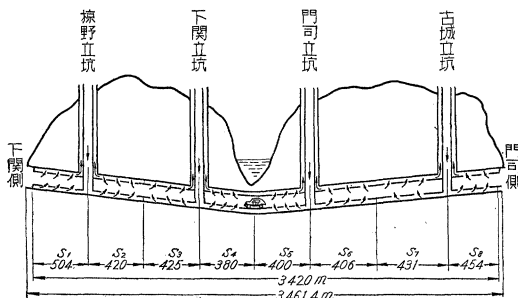


(2) 換気 (図-3.4 参照)

採用した換気の方式は、上方横波式であつて、トンネル

図-4 換気ダクト系統図

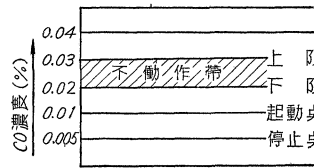
トンネル断面図 (海底部)



ル全長を 8 区分し中間に 4 本の立坑において、各立坑にその前後 2 区間の送気排気を受持たせている。交通量が、二車線二方向 2 000 台/h のとき CO の許容含有率を 0.04% として、風量、風圧を決定し、それに適する送風設備をしている。車道への送風孔は路面より 50 cm の高さの側壁に左右対称 4.5 m 間隔で配置され、新鮮なる空気は車道面に向つて吐き出され、その出口の風速を 4~5 m/sec となるように、その断面積およびピッチを決めている（設備後の測定値）。

CO をふくんだ空気は車道面上昇して天井に 9 m 間隔に設けられた排気孔から排気ダクトに流れ込み、立坑ダクトから排

表-6 換気統御の限界



気用送風機により大気中に放散される。トンネルダクト内の圧力の大小に応じて、車道に吹き出す空気量が全線にわたつて一定量になるように、立坑に近い側のスロットの開口は小さくし、遠方になるに従つて大きくなるようにスロットの口を調節してある。これは排気孔も同様である。送風量は車両数によつていちじるしい変動があるが、自動可変節軸流送風機を使用し、送風量が調節できるようになつており、その運転は一酸化炭素検出機によるその量に応じて行われ、送風量は自動的に調整される。

この換気方式を採つたのは、トンネル内に縦流れが生じて換気が混乱におちいることなく、円滑に行われるであろうことを考慮して、方式を定め、実験資料によつて設備したもので、換気設備として経済的運転ができ、優秀なものであろう。

a) 換気運営現況 換気施設は前記のごとく CO 検出機の指示により風量を 12 段階に自動運転（表-7）することになつてゐるが、開通以来まだ交通量が少なく通過する車種は CO ガスの発生量が少なく煙の多いディーゼル車が 30% を占め、気象状況によつて霧の多いときがあり、見とおしが悪く、車両運転に支障のあることを考

表-7 換気の段階 (下関立坑送気の場合)

ノッチ番号	送風機数 (台)	速度 (rpm)	風量 (m ³ /sec)
1	1	200	50.03
2	1	"	58.30
3	1	"	66.65
4	1	"	69.95
5	2	"	103.70
6	2	"	115.53
7	2	"	130.40
8	2	"	125.30
9	2	270	148.15
10	3	"	164.70
11	3	"	177.80
12	3	"	184.60

慮して、自動運転をとらず、主として巡回員の通報により、中央統御室から指令して各立坑単独に手動運転方式による操作をしている。現状交通量とCO検出機指示は次のとおりである。

① 時刻別交通量(台):

00時~08時 240~270
08時~16時 1000~1200
16時~24時 500~700

であり、深夜の交通量が少ないので22時より07時まで送風機の運転を停止し、クモリ状態、COガスの上昇により短時間運転をして空気の新浄を保つようになっている。

② CO検出機の指示:

- 送風機運転中の指示
最高 0.005% 最低 0.001%
- 送風機運転停止中の指示
最高 0.004% 最低 0.001%

CO検出機の指示よりすれば換気量は少なくしてよいのであるが、車両安全運転のため、トンネル内のクモリの状況に応じて、数段階上位に風量の調節を行っている。クモリの状況は大体CO濃度と比例しているようである。煙霧の発生原因は、特にエンジン切りかえによる排煙と、トンネル内外部の温度、湿度に基因するものと思われるので、計器を設置して測定を続けているが、これにより煙霧の状況を究明したいと考えている(名神資料一調査試験報告参照)。

b) 換気所見 換気運営の現況は前述のとおりであつて人体に有毒なガスを経済的に換気できる施設になっているのが、湿気、排煙のため交通安全上見とおしの点が危険視され、所期の運営ができていないのは遺憾である。ただし見とおしの点は、交通量が増大すれば、かえつて支障とはならないかも知れないが、その時期になるか、大々の実験をやつて見なければわからない問題である。

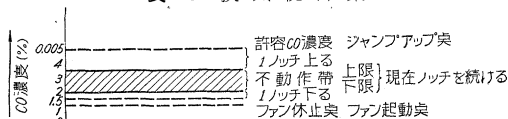
いずれにしても、道路トンネルの換気設備については、煙、霧、さらに車両にCOガス以外の有毒ガスが将来あるかどうかについても検討されるべきであろう。

現在の施設に対する措置として下記が考えられる。

① 煙霧のため視界が狭くなるが、その見とおし度により、換気の自動統御をすること、ただしこの場合もCO検出機は必要である。

② トンネル内のCO濃度は0.04%まで許容できるけれども、煙霧の障害を除く目的で手動換気しているときのCO検出機の指示は0.001~0.005%であるので、換気統御を表-8のごとくすることが考えられる。この

表-8 換気統御案



場合CO検出機の性能は1/100000であり、換気機連動装置の改造は可能であることは判明しているが、まだ切りかえはしていない。

ディーゼル車両の比率、CO濃度と煙霧との関係、なお換気装置改造機構の運転テスト等について、将来調査検討を要するものと思われる。

c) トンネル内空気の縦流れ 名神資料として換気の一部を停止して縦流を測定した結果は、その報告にのつているが、これは特に実験をしたものではない。夜間換気機運転を停止している間に経験したものである。

関係気象状況 昭和34年5月21日 08時~09時
風 南東 10 m/sec
温度 下関:20°C 門司:21°C 車道:16°C
湿度 下関立坑外:72 車道:78
気圧 下関:1015.3
08時~09時の通過台数:97台
CO検出機の指示 下関:0.004% 門司:0.003%

この間下関坑口より煙霧が流出した。その速度は目測1 m/sec程度のごくゆるやかなものであつた。09時トンネル内の空気が見とおしやや不良になつたので、送風機運転を開始したが、ただちに正常の新浄状態に復してきた。トンネル換気方式としていろいろの方式の先例もあり、また研究もされていることであるが、その優劣、可否に論及するのではない。ただ換気運営の実際に当つて、排煙が坑門からもうもうと立ち上るのは、自動車トンネルとして快適でない事例をあげておきたい。

(3) 構造上の問題点について

a) 曲線部と信号 線形は図-1のとおりで本州側のトンネル入口は、当初は海岸を通つて在来の国道から入ることになつていたが内海の高潮、地質傾向等を考慮して日本海側に変更された。縦断勾配はトンネル長を短くするため最大の4%をとつた。

曲線はトンネルの位置、在来道路との取付関係等より曲線半径500mが3カ所ある。ところが1カ年間の事故統計(表-9参照)を見ると衝突は11件であるが、

表-9 事故件数(昭和33年3月~34年3月)

交通量(台)	事故件数	車両故障	衝突	その他
637 814	433	402	11	20
206 197	193	191	2	0

註) 車両故障:燃料切れ,バンク,エンジン故障
衝突:衝突,追突,側壁接触
下欄数字は内訳車数

その衝突の起つた場所は11件中5件が曲線部およびその至近距離の場所である。これは側壁と天井とからくる圧迫感と曲線に沿う側壁のため見とおしが不十分で運転上支障を生じ、事故を誘発するのではなからうかと思われる。もちろん運転者が速度制限と車両間隔を守り、車線より逸脱しなければ衝突も追突も起らないはずであるが、安全交通上トンネルの場合は直線がより望ましい。

トンネル内信号は赤青の2位式信号灯を各車線に360m間隔で取りつけ、さらに曲線部には補助灯を70m間隔につけていたが、その措置の一端として開通10カ月後に曲線部の信号灯は橙色点滅灯に切りかえて注意運転としている。

b) 舗装 路面舗装は外国の水底トンネルの例では、レンガ、石塊が多く見られる。関門トンネルの場合は、勾配が4%であること、トンネル内は湿度が高いので路面がしめりがちであること、修理が容易であること等を考慮検討してアスファルト舗装と決め、トンネル内で試験舗装を行い、車を走らせて仕様を定めた。鉄筋コンクリート床版の上に平均厚7cmの基層をおき、それに厚さ5cmのワービット表層とした。

トンネル内は路面と側壁とを問わず、夏の朝露のごとく水滴のたまる場合がある。また雨天の際は車両が雨水を持ち込む。その距離は1km以上におよんで路面を湿潤にしている。

車両の転倒は、小負傷の程度で人に大きな被害のあつたことがなく、また二次衝突を起して大事に至つた例はないが、水滴の多い日に主として単車の転倒が目立つて多い(統計していない)。これはただちにスリップが原因だときめつけるわけにはゆかない。運転者の巧拙もあり、蛇行運転も非常に多いと思われ、運転者の不注意もあろうがスリップに基因するものがあることも否定できないようである。一般道路についても同様であるが勾配もあり、湿潤の多いトンネル内においては安全交通上すべり止め工法について、さらに検討をすべきであろう。

3. 交通規則

本トンネル(車道)を通過できる車は自動車、第二種原動機つき自転車であつて、構造維持上並びに交通安全上、一連の交通規定により取締りを行っている。そのおもなるものを列記すると、下記のとおりで法根拠がはなはだ多岐である。

通行できないもの	法の根拠
1. 運搬を禁じられた危険物を積んでいる車両	道路法
2. 高さ4.2mを越える自動車	公安委員会
3. 巾3.0mを越える自動車	道路運送車両の保安基準
4. 長さ15mを越える自動車 " 25mを越える牽引自動車	{ 同上 道路交通取締法
5. 重さ18tを越える自動車 " 35tを越える牽引自動車	{ 道路法構造令 道路運送車両保安基準
6. ブルドーザーなどキャタピラーのある自動車、ローラー	道路法
運転上の規定	法の根拠
1. 最高時速35km	公安委員会
2. 追越禁止	"

3. 回転禁止	公安委員会
4. 前照灯は消し、尾灯はつける	道路交通取締法
5. 警音機は鳴らさない	"
6. 停車駐車禁止	"
7. 中心線を越えない	"
8. 先行車の後端から20m間隔	"
9. 下り勾配でクラッチを切り、またはエンジンを止めない	無し
10. 火気注意、禁喫煙	道路交通取締法

なお開通当初は危険物積載車両は一切禁止されていたが、33年6月末、その車両種類、積荷荷造、積荷量等に制限または条件をつけて解禁し、産業原材料の輸送を円滑にしている。公団の交通取締りは警察権がないので監視、忠告であつて、それ以上の範囲には出られない。危険物取締りも違反明確なものは停車はさせられるが、疑いあるものを停車させ取調べる事ができないので、ただ警察に協力し事故を未然に防ぐより方法はない。警察取締りについては、下関および門司の料金所隣にそれぞれ派出所があり巡回してその取締りに当つているが、違反はその場で摘発し、事故は現場検証があり、現況で交通量の少ない間は交通障害とまでにはならないが交通量が増大するにつれて現場検証は検討すべき問題である。

また警察取締り側に入つて見ると、下関と門司と行政区画が異なるため、受持区域外には出ないので、非常に不便であり、特に捜査のときは適時活動が困難の模様である。この点山口県警察本部報告「関門トンネル開通1ケ年の回顧と交通取締上の問題点」で、交通取締りについては、さらに下関・門司両警察署の緊密化をはかりたい、と述べていることでも明らかである。

関門トンネル計画の当初においても議題となつたが管理事務所に交通取締権を付与するか、警察署を同一管内にすることが望ましいことであろう。

(1) 安全輸送協力について

関門トンネル安全交通については保安施設の運営、維持に万全を期し、また適時訓練も実施して保守係員の向上もはかり、また一方、利用者には報導機関や文書を通じて、交通規定の徹底を期している。

昭和33年6月末危険物輸送を契機として危険物の製造者、輸送者、使用者が集まり、昭和34年1月20日関門国道トンネル安全輸送協力が設立され、目下会員60名で関門トンネル交通の安全を目標にして交通規則の遵守を呼びかけ、会員相互がまず自粛し、その効果をあげつつある。

(2) 事故統計

事故件数は表-9に示すように年間433回のほり、そのうち燃料切れ、パンク、エンジン故障がほとんど全部を占めている。これは街路道路では事故にならないが、トンネル内では衝突や追突を誘発することになるの

で事故として取扱い、トンネル外にひき出している。

4. 管理経費

開通後1カ年の総計であつて、工事並びに施設の手直しや改良がふくまれていて経常的なものといえない。多少修正して概数をかかげる。

1カ年の経費（昭和33年度）	
人件費	173名分
管理事務所経費	32,800,000円
維持改良修繕	32,650,000円
このうち特種のをあげると	
使用電力量	250,000～280,000 kWh/月
内訳	
換気	37.53%
照明	25.42%
揚水	37.05%
送風機の解体点検	60万円/1台/年である。

5. 結 び

トンネル管理上の問題となるものを取り上げたが、短期の経験で正確を欠くかも知れない。なおトンネル内は湿度が高いから、電気機器の耐湿、防湿や浸透水の措置等の保安管理上の問題点には施工面でも緻密な配慮を要するものがある。これは山のトンネルでも同様であろう。

換気については、有毒ガスのほかに見とおしを考慮することが重要であつて、これはまた照明の照度、色合、車両制限速度につながる条件である。

車両の煤煙については、取締りにより車両整備を強力に押し進めることで多少の軽減は計りうるが、一步進んでトンネル内だけでなく高層建築物のある街路の清浄化のためにも排煙、有毒ガスのさらに少ない車両製作に力を入れることを望みたい。

第6回 大河内記念賞受賞候補者推薦について

故大河内正敏博士のわが国学術および産業の発達に貢献された功績を記念するため大河内記念賞が設けられておりますが、受賞に関する要項が学会あて届きましたので要項を摘記いたします。詳細は土木学会あて、お問合わせ願います。

(1) 対称となる業績

- 生産工学に関する研究成果
- 生産技術に関する発明または考案
- 多量生産方式の実施上の業績
- その他本賞に相当と認められる業績（いずれも生産に寄与し担当の実績を上げているもの）

(2) 受賞者資格

最近において上記の範囲内で秀れた業績を上げた個人（グループの場合もふくむ）または事業体。ただしその業績で顕著な他の褒賞を受けていないこと。

(3) 応募締切 昭和34年10月31日（土）

日本学術会議第5期会員候補者推薦

当学会は、来る11月20日の日本学術会議第5期会員選挙に次の者を候補者として推薦した。

（全国区・第5部 土木工学）

石原 藤次郎 工学博士

主な勤務先・職名 京都大学工学部 防災研究所
京都大学教授 工学部長

（全国区・第5部 土木工学）

福田 武雄 工学博士

主な勤務先・職名 東京大学教授
東京大学 生産技術研究所長

土木学会誌“合本用ファイル”頒布

体 裁： B5判 学会誌12冊とじ込み用、薄グリーン・クロース装、金文字入り
頒 価： 1部 140円（〒30円） 申込方法： 入金次第発送します
